

Lean Manufacturing en el incremento de la productividad en el sector industrial a nivel mundial: Una Revisión Sistemática 2020–2025

Victor Jaime David Alonzo-Chavez, Bachiller ¹, Mirko Javier Hernández-Suárez, Bachiller ², Leidy Lucia, Méndez-Gutiérrez ³

¹ Universidad Tecnológica del Perú, U20306987@utp.edu.pe

² Universidad Tecnológica del Perú, U1623153@utp.edu.pe

³ Universidad Tecnológica del Perú, C31241@utp.edu.pe

Abstract–The present study aimed to analyze the impact and usefulness of various Lean Manufacturing tools within the industrial sector, with particular emphasis on their influence on process productivity in comparison with traditional methods or partially implemented practices. To this end, an exhaustive search was conducted in two major scientific databases, Scopus and Web of Science (WOS), initially yielding 1,213 documents. After applying inclusion and exclusion criteria, the sample was narrowed down to 40 studies considered the most relevant and impactful, predominantly focused on the manufacturing sector. The findings indicate that Value Stream Mapping (VSM) and the 5S methodology are the most extensively examined tools in the reviewed literature, highlighting their effectiveness in improving product quality, increasing productivity, and reducing operational costs. Additionally, the results reveal that active involvement from top management and the collective commitment of different organizational areas contribute to a more robust implementation of the Lean approach. This comprehensive engagement strengthens organizational culture, optimizes processes, and emerges as a determining factor in achieving efficient and sustainable industrial production.

Keywords– Manufacturing, productivity, continuous improvement, operational efficiency, production processes

Lean Manufacturing en el incremento de la productividad en el sector industrial a nivel mundial: Una Revisión Sistemática 2020–2025

Resumen—La presente investigación tuvo como propósito analizar el efecto y la utilidad de las diversas herramientas del Lean Manufacturing en el sector industrial, con especial énfasis en su influencia sobre la productividad de los procesos en comparación con métodos tradicionales o con prácticas parcialmente implementadas. Para ello, se realizó una búsqueda exhaustiva en dos de las principales bases de datos científicas, Scopus y Web of Science (WOS), obteniéndose inicialmente 1213 documentos. Tras aplicar criterios de inclusión y exclusión, la muestra se redujo a 40 estudios considerados de mayor relevancia e impacto, en los cuales predominó el enfoque en el sector manufacturero. Los resultados evidencian que las herramientas Value Stream Mapping (VSM) y 5S son las más analizadas en los estudios revisados, destacando su efectividad en la mejora de la calidad de los productos, el incremento de la productividad y la reducción de costos operativos. Asimismo, se identificó que la participación activa de la alta dirección y el compromiso conjunto de las distintas áreas organizacionales favorecen una implementación más sólida del enfoque Lean. Este involucramiento integral fortalece la cultura organizacional, optimiza los procesos y se consolida como un factor determinante para alcanzar una producción industrial eficiente y sostenible.

Palabras clave— lean Manufacturing, productividad, mejora continua, eficiencia operativa, procesos productivos

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos, en diversas empresas y más en las del sector industrial, se presentan ineficiencias y generación de desperdicios en sus procesos de producción, es por ello que en las diferentes empresas se han ido implementando diferentes metodologías como la Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) para modernizar la productividad y mejorar la eficacia en sus procesos. Además, la industria se enfrenta constantemente a nuevas innovaciones de las competencias que cada día se vuelven más competitivas [1][2]. En el sector industrial, no todas las empresas se preocupan por estas falencias, las pequeñas empresas no suelen adoptar alguna metodología de eficiencia por diversos motivos, como el carecer de conocimientos necesarios para poder implementar estas medidas y el hecho de que se tiene que involucrar los trabajadores de las partes involucradas para la mejora [3].

El ser eficiente en sus procesos para toda empresa es parte clave de su rentabilidad a corto y largo plazo. Una de las implementaciones más usadas en las industrias, según los investigadores, son las aplicaciones de 5s, Kaizen, Just-In-Time y otros pertenecientes a la metodología Lean Manufacturing, los cuales dieron como resultados una mayor productividad y

sostenibilidad no solo a los que lo implementaron, sino que también fue en beneficio de los clientes [4] [5]. Algunos estudios analizados tuvieron el objetivo de analizar la capacidad de adopción de la metodología en mención en diferentes tamaños de empresas, destacando que un 61.5% de industrias en promedio adoptaron de una mejor forma el nuevo método de trabajo. Aunque, dependiendo del tamaño de la industria y de la empresa, varían algunas prácticas para su implementación [6].

Algunos impactos globales de la Manufactura Esbelta en conjunto con la Industria 4.0 están siendo bien recibidos por su alto desempeño y eficacia con los resultados requeridos, con mejoras en sus procesos de producción, optimizando sus líneas productivas y un mejor producto terminado. Por lo tanto, el LM se ha vuelto una opción viable para muchas organizaciones que buscan eliminar desperdicios y poder mantenerse en el mercado, esto debido a que al implementar las medidas hay cambios notorios en los tiempos de entrega y se minimizan los retrasos [7] [8].

Algunas barreras para su implementación según el análisis de diferentes artículos, constan de muchos desafíos tanto internos como externos, algunos autores también mencionan que la baja comunicación es uno de los factores relevantes; junto con la baja infraestructura, se convirtieron en barreras principales para la implementación de LM. Además, se menciona que una mala gestión del rendimiento de los trabajadores impide que los empleados participen de forma activa y precisa en los procesos de producción, sumando su poca comprensión sobre los conceptos del método Lean Manufacturing, se hace más difícil el alcanzar su correcta implementación [9].

El impacto que ofrece la Manufactura Esbelta es alto en comparación con métodos o formas de trabajo habituales debido a que las diferentes herramientas que presenta mejoran la productividad en las industrias a nivel mundial. El 5s, Kaizen, JIT y demás métodos pertenecientes al LM ayudan a eliminar desperdicios, mejorar la operatividad y eficiencia tanto de los espacios como de los trabajadores para un mejor funcionamiento, teniendo como resultado la garantía de que hubo un correcto funcionamiento de la empresa y/o industrias [10] [11]. Además, se resalta que el sector industrial se ha convertido en una industria muy competitiva por el tiempo, calidad, costos, entre otros factores. De esta manera, la información analizada y por analizar ha demostrado que el Lean Manufacturing es clave para apoyar a la industria y buen

método para soportar las exigencias del mercado frente a los métodos tradicionales [12].

II. METODOLOGÍA

La presente revisión se enfocó en analizar diferentes artículos de los últimos 5 años para recaudar información consisa, la cual ayude a responder nuestra pregunta. Se elaboró el modelo PICOC para ello.

A. Pregunta Principal

¿Como impacta la aplicacion de la herramientas Lean Manufacturing en comparacion con metodos tradicionales, a el incremento de la productividad de los procesos industriales a nivel mundial?

TABLA I
COMPONENTES PICOC – PALABRAS CLAVE

P	Problema	¿Cómo se ha definido la baja productividad que se origina en los procesos industriales?	"low productivity" OR "industrial processes" OR "manufacturing industry" OR "process inefficiencies" OR "production bottlenecks"
I	Intervención	¿Qué herramientas Lean Manufacturing se emplearon en el sector industrial?	"Lean Manufacturing" OR "Andon" OR "SMED" OR "Single-Minute Exchange of Die" OR "Kanban" OR "Heijunka" OR "Value Stream Mapping" OR "Just in time" OR "JIT" OR "Process Reengineering" OR "Business Process Reengineering" OR "Theory of Constraints" OR "Theory of Limitations" OR "Total Quality Management" OR "TQM" OR "Kaizen philosophy" OR "Continuous improvement" OR "Pull systems"
C	Comparación	¿Qué beneficios se obtuvieron con las herramientas Lean Manufacturing en comparación con las prácticas tradicionales?	"Lean Manufacturing" OR "traditional practices" OR "conventional production" OR "Kaizen" OR "Just in time" OR "TQM" OR "Process Reengineering" OR "Theory of Constraints"
O	Resultados	¿Qué resultados para incrementar la productividad de los procesos de producción se reportaron tras implentar las herramientas Lean Manufacturing?	"productivity improvement" OR "cost reduction" OR "quality improvement" OR "bottleneck reduction" OR "flexibility"
C	Contexto	¿ En que tipo de procesos	"Lean Manufacturing" OR "industrial processes"

		industriales se aplicaron las herramientas Lean Manufacturing?	"manufacturing sectors" OR "Industry 4.0" OR "smart manufacturing" OR "digital transformation"
--	--	--	--

B. Ecuación de búsqueda

Se utilizaron las bases de datos bibliográficas más importantes como Scopus y WOS donde se realizaron las consultas para poder hallar fuentes con gran aporte para la investigación.

TABLA II
ECUACIÓN DE BÚSQUEDA DE PICOC

Ecuación en Scopus
(TITLE-ABS-KEY ("low productivity" OR "industrial processes" OR "manufacturing industry" OR "process inefficiencies" OR "production bottlenecks") OR TITLE-ABS-KEY ("Lean Manufacturing" OR "Andon" OR "SMED" OR "Single-Minute Exchange of Die" OR "Kanban" OR "Heijunka" OR "Value Stream Mapping" OR "Just in time" OR "JIT" OR "Process Reengineering" OR "Business Process Reengineering" OR "Theory of Constraints" OR "Theory of Limitations" OR "Total Quality Management" OR "TQM" OR "Kaizen philosophy" OR "Continuous improvement" OR "Pull systems") AND TITLE-ABS-KEY ("Lean Manufacturing" OR "traditional practices" OR "conventional production" OR "Kaizen" OR "Just in time" OR "TQM" OR "Process Reengineering" OR "Theory of Constraints") OR TITLE-ABS-KEY ("productivity improvement" OR "cost reduction" OR "quality improvement" OR "bottleneck reduction" OR "flexibility") AND TITLE-ABS-KEY ("Lean Manufacturing" OR "industrial processes" OR "manufacturing sectors" OR "Industry 4.0" OR "smart manufacturing" OR "digital transformation")) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (OA , "all")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "re") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar"))
Ecuación en WOS
"low productivity" OR "industrial processes" OR "manufacturing industry" OR "process inefficiencies" OR "production bottlenecks" (Topic) and "Lean Manufacturing" OR "Andon" OR "SMED" OR "Single-Minute Exchange of Die" OR "Kanban" OR "Heijunka" OR "Value Stream Mapping" OR "Just in time" OR "JIT" OR "Process Reengineering" OR "Business Process Reengineering" OR "Theory of Constraints" OR "Theory of Limitations" OR "Total Quality Management" OR "TQM" OR "Kaizen philosophy" OR "Continuous improvement" OR "Pull systems" (All Fields) or "Lean Manufacturing" OR "traditional practices" OR "conventional production" OR "Kaizen" OR "Just in time" OR "TQM" OR "Process Reengineering" OR "Theory of Constraints" (All Fields) and "productivity improvement" OR "cost reduction" OR "quality improvement" OR "bottleneck reduction" OR "flexibility" (All Fields) and "Lean Manufacturing" OR "industrial processes" OR "manufacturing sectors" OR "Industry 4.0" OR "smart manufacturing" OR "digital transformation" (All Fields) and Open Access and 2025 or 2024 or 2023 or 2022 or 2021 (Publication Years) and Article (Document Types)

Luego de emplear las palabras clave en las bases de datos, se aplicaron filtros para ser más eficientes en nuestro resultado final de búsqueda. Estos filtros son:

- Tiempo: Solo documentos de últimos 5 años.
- Tipo de documento: artículos, artículos de conferencia, revisión.
- Documentos de acceso abierto.

C. Búsqueda metodo PRISMA

El método PRISMA es útil, ya que permite seleccionar fuentes de acuerdo al tema de estudio y aplicando dos tipos de criterios, inclusión y exclusión.

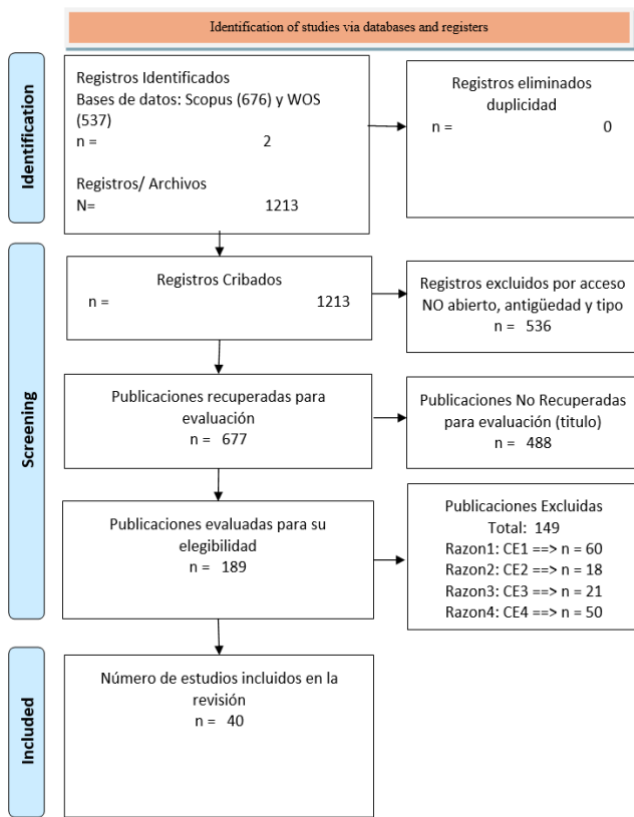


Fig. 1. Mapa de proceso Prisma.

Se hizo el método de búsqueda en las dos bases de datos Scopus y WOS, obteniendo un total de 1213 documentos para investigar.

D. Criterios de CI y CE

Los CI Y CE se utilizaron en la investigación como una forma de filtro para obtener la información adecuada a considerar y eliminar los documentos que no son de gran aporte.

CI:

- I1: Las investigaciones deben contener información detallada sobre el Lean Manufacturing.

- I2: Las investigaciones deben contener al menos una de las dos variables propuestas.
- I3: Las investigaciones deben estar enfocadas en el sector industrias y sus subramas relacionadas al tema.
- I4: Las investigaciones deben tener información de metodologías y/o herramientas para la mejora continua.

CE:

- E1: Las investigaciones que no contengan información relacionada con la mejora de procesos se excluyen.
- E2: Se excluyen investigaciones de estudios de caso.
- E3: Se excluyen investigaciones que estén en fase de aplicación de proyecto.
- E4: Se excluyen investigaciones que no sean del sector industrial.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a los resultados de esta exhaustiva revisión de la literatura se analizaron datos bibliométricos de las 40 publicaciones seleccionadas mediante el método PRISMA donde se puede encontrar información enriquecedora sobre el tema elegido en diferentes partes del mundo, como también de diferentes años, posteriormente se formularon indicadores numéricos, tablas y gráficos que faciliten la visualización de resultados.

Como se observa en la tabla III, la mayor cantidad de documentos seleccionados se encuentran en la base de datos Scopus por lo tanto, esta base de datos es la más indicada para la presente investigación puesto que presenta mayor información relacionada al tema de la productividad y en Lean Manufacturing.

TABLA III
DISTRIBUCION DE ARTICULOS POR BASE DE DATOS

Base de datos	Frecuencias		
	Absoluta (n)	Relativa	Porcentaje
Scopus	33	0.825	82.5%
Web of Science	07	0.175	17.5%
Total	121	1	100%

A. Analisis bibliometrico de los estudios seleccionados

En la presente revisión se destacó que, a nivel de país, India es uno de los que cuenta con mayor cantidad de documentos respecto a la mejora de la productividad [5] [8] [12] [34] [36] [39]. Además, se observa que, otros países como Marruecos, Polonia y Malasia también cuentan con una gran parte de documentos que mencionan diversas técnicas y/o herramientas del Lean Manufacturing [1] [4] [7] [11] [14] [15] [21] [26] [33].

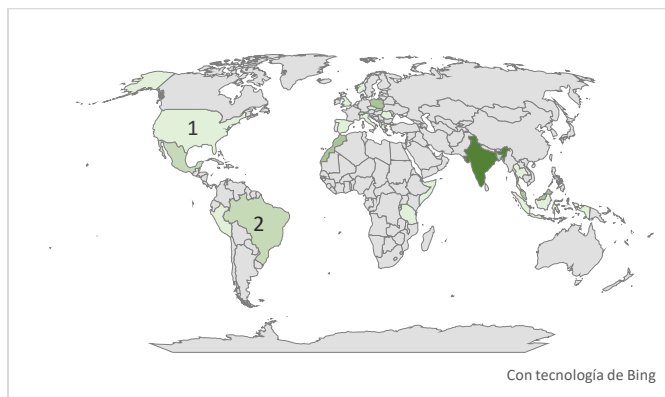


Fig. 2. Distribucion de artículos por país.

En cuanto a los documentos publicados respecto a su año, se pudieron observar que, en su gran mayoría en el año 2024 hubo 16 publicaciones relevantes para el tema de investigación, como se puede observar en el gráfico de líneas en la figura 3 [1] [2] [3] [4] [5] [9] [17] [18] [19] [20] [26] [27] [28] [29] [33] [37].

B. Características del estudio

RQ5: ¿En qué tipo de sector industrial se analizó el Lean Manufacturing?

Se reveló que en los documentos estudiados, con mayor frecuencia se estuvo analizando el tema propuesto en el sector de la manufactura, demostrando que este sector necesita de gran apoyo de las herramientas del Lean Manufacturing para poder mantenerse y mejorar diversos aspectos en sus áreas de producción para la mejora continua [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [10] [11] [13] [14] [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28] [30] [31] [33] [34] [36] [38] [39].

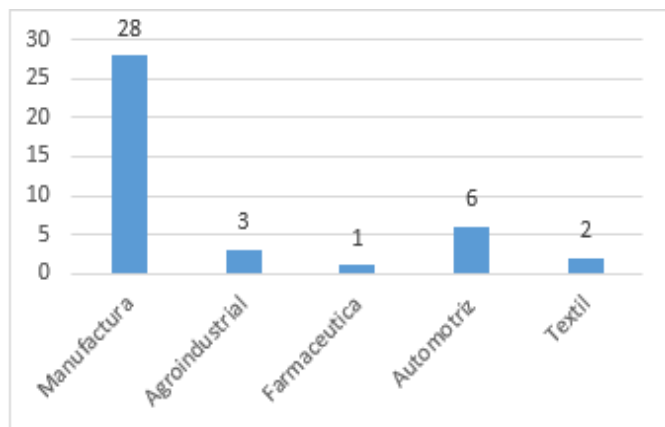


Fig. 3. Sectores con mayor impacto en el Lean Manufacturing.

RQ3: ¿Los procesos se analizan con los principios Lean Manufacturing o sin ellos los métodos tradicionales?

De acuerdo con lo analizado, se obtuvieron resultados, los cuales indicaron que en su mayoría las industrias no suelen aplicar el uso de las herramientas Lean no obstante, algunas

empresas sí utilizan las herramientas sin embargo, no las aplican de una forma adecuada para poder aprovechar la metodología al máximo. También se resalta que un 25% de los casos analizados presenta una combinación de ambas formas de trabajo, el uso de las herramientas Lean y métodos tradicionales con los cuales estuvieron trabajando por años, como se puede observar en la siguiente figura [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [13] [14] [15] [17] [18] [20] [22] [24] [25] [27] [28] [29] [30] [32] [33] [34] [36] [37] [38] [39] [40].

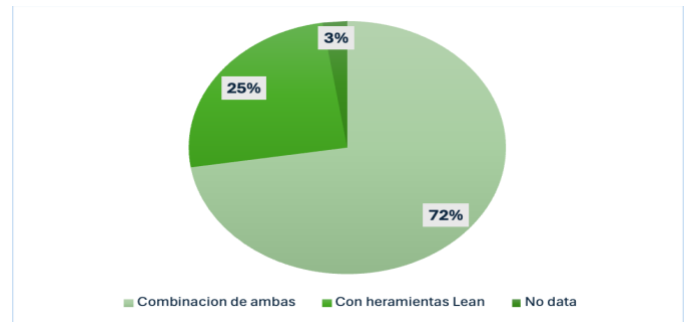


Fig. 4. Procesos con Lean, tradicionales o ambos.

RQ1: ¿Qué problemas existen con la baja productividad en los procesos industriales?

Acorde a lo investigado, el incremento de desperdicio de materiales es una problemática de la baja productividad ya que, impactan directamente a la rentabilidad y sostenibilidad de las industrias, puesto que al haber más desperdicios, los costos por recuperar o reponer el material perdido aumentan, a su vez ocasionando tiempos muertos para el personal y máquinas con lo cual se genera una baja productividad en la producción [1] [6] [9] [10] [12] [24] [26] [27] [28] [30] [34] [36] [37].

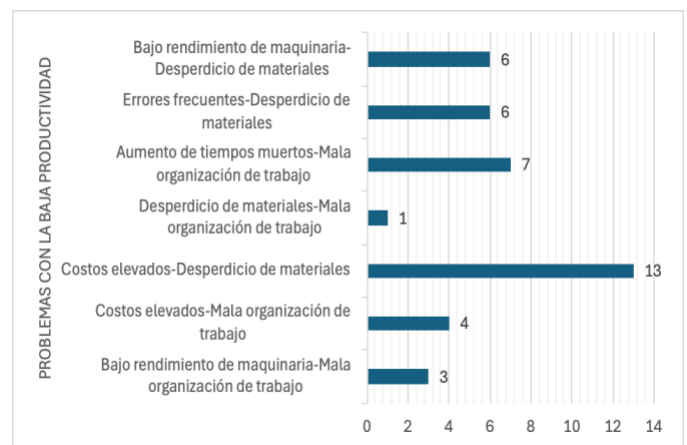


Fig. 5. Problemas presentados por la baja productividad.

RQ6: ¿Cómo impacta el uso de las herramientas Lean en la productividad?

Impacta directamente en la productividad, puesto que se utilizan métodos para mejorar la eficiencia, el orden y una mejor cultura de trabajo, logrando mejores cosas o muchas más cosas

con la menor cantidad de recursos, ampliando los procesos productivos y optimizando los flujos de trabajo [1] [3] [6] [8] [10] [11] [20] [24] [25] [27]. Así mismo, estas herramientas permiten estandarizar procesos, disminuyendo el porcentaje de errores y aumentando la calidad de los productos. En ese sentido, los tiempos de entrega y de espera se vuelven favorables para todos, ya que, en una organización más ordenada, se facilitan las detecciones de posibles falencias o errores para que así los involucrados puedan hacer las correcciones a tiempo [5] [7] [9] [13] [15] [16] [17] [18] [19].

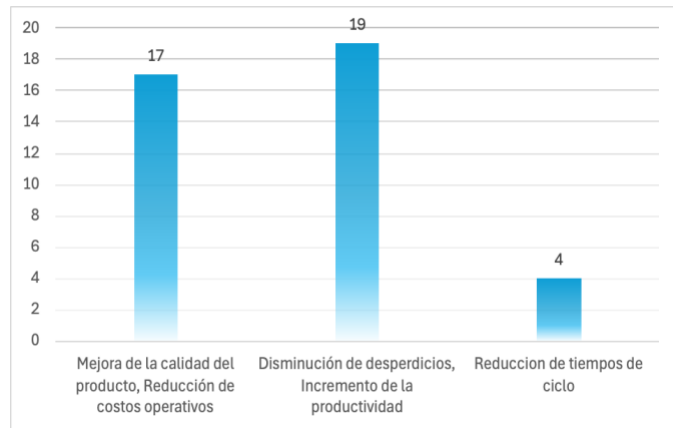


Fig. 6. Mayores impactos de las herramientas Lean en la productividad.

RQ2: ¿Qué herramientas Lean Manufacturing se analizaron en los estudios?

La siguiente tabla número IV enseña en qué cantidad se han mencionado las diferentes herramientas de Lean Manufacturing para la mejora continua en diferentes áreas de una industria, basándose en la productividad. Se obtuvo como resultado que la herramienta más analizada es la 5s, seguidamente de la VSM, ya que muestran facilidad de implementación y buenos resultados al aplicarlos de forma correcta [1] [2] [6] [8] [9] [18] [20] [21] [22] [23] [24] [32] [38].

TABLA IV

CANTIDAD DE HERRAMIENTAS MENCIONADAS SEGUN AUTORES

Herramientas mencionadas	Porcentaje	Autores
5S	32.5%	[1] [2] [6] [8] [9] [18] [20] [21] [22] [23] [24] [32] [38]
VSM	17.5%	[3] [16] [17] [28] [29] [34] [39]
KAIZEN	15%	[4] [7] [11] [19] [25] [40]
KANBAN	15%	[5] [13] [26] [27] [30] [35]
JIT	12.5%	[14] [15] [31] [33] [36]
SMED	5%	[10] [37]
POKA YOKE	2.5%	[12]
Totales	100%	40

B. Discusión

La información recaudada en la presente revisión sistemática de literatura dice que la metodología o filosofía del Lean manufacturing suma a la mejora de la productividad y la reducción de los desperdicios en los diferentes sectores una vez que se implementen, pero dependerá de cómo se encuentre la empresa previo a su implementación. Hay algunos factores importantes que influye en la productividad, como la capacidad del personal y la empresa, así como el desarrollo del sistema productivo y a su vez el compromiso de los colaboradores para adaptarse a las nuevas metodologías, dejando de lado métodos tradicionales o fusionando ambas técnicas para facilitar su integración [7] [10] [11] [13] [14]. Si se logra una correcta implementación de las herramientas Lean, el impacto que se demuestra es satisfactorio, ya que, en muchas empresas, casi todas las áreas influyen a la mejora continua desde la gerencia hasta el obrero, quien manipula máquinas, contruye, o fabrica con sus manos e implementos, viéndose afectado de mejor manera la cultura organizacional [23] [24] [25] [26] [27] [28] [30].

Así mismo, el Lean Manufacturing se encarga de hallar los desperdicios, tales como repetición de actividades, inventarios excesivos, circulación de personal innecesario, tiempos de espera y errores repetitivos [24] [26] [27] [28] [30] [34] [36] [37]. El identificar estos desperdicios son clave para poder empezar con la implementación de las herramientas Lean en los sectores de manufactura y automotriz, entre otros, puesto que las herramientas 5S, VSM y TPM logran optimizar los espacios utilizados mejorando la disponibilidad de las maquinarias y mejorar la calidad de los productos, porque al tener un mejor orden, el porcentaje de errores disminuye significativamente [2] [4] [5].

Por otro lado, en la última pandemia se complicaron las cosas para muchas industrias y sectores, como lo es en el sector automotriz y textil, ya que se cerraron muchas de las importaciones, reducciones de personal, escasez de materia prima, con lo que se dificultó la continuidad de los procesos. Además de ello, se le suma que una correcta implementación Lean necesita de una comprensión media o general, pero se ve dificultado por la poca o nula priorización de las gerencias en establecer y fomentar dichas herramientas en las diferentes empresas [9] [37] [39] [40].

En cuanto al impacto o beneficios que demuestra la implementación del Lean Manufacturing, los resultados obtenidos de las revisiones sistemáticas demuestran que la aplicación de las diversas herramientas Lean y en especial las 5S y el JIT son beneficiosas en la rentabilidad, ya que, posteriormente a la implementación su desempeño en la parte financiera tiene mejoras mediante las ventas y ganancias, con lo que esto sería conveniente para las empresas que quieran mejorar sus diferentes procesos disminuyendo la pérdida de tiempo e incrementando la sostenibilidad de las empresas y para las que no conocen sobre ello quieran empezar a implementar las herramientas mencionadas [9] [10] [12] [24] [26] [27] [30].

IV. CONCLUSIONES

La revisión sistemática de literatura permitió identificar y analizar los distintos impactos que generan las estrategias de mejora continua en el ámbito industrial. Los resultados evidenciaron que la adopción del enfoque Lean Manufacturing constituye un pilar esencial para las organizaciones que buscan optimizar su productividad mediante la mejora de la calidad, la reducción de costos y la eficiencia en los tiempos de producción.

Así también, se observó que algunas empresas ya cuentan con metodologías de mejora, aunque no siempre son aplicadas de manera adecuada o carecen del respaldo de la alta dirección, lo que limita su efectividad. Involucrar a todas las áreas de la organización resulta determinante para alcanzar una implementación exitosa, ya que este compromiso colectivo se refleja directamente en los resultados financieros y en la sostenibilidad de la empresa, tanto a corto como a largo plazo.

El propósito fundamental de este estudio fue promover la importancia de la implementación del Lean Manufacturing en los diferentes sectores industriales. Los hallazgos confirman que su aplicación adecuada contribuye de manera significativa al aumento de la productividad y al fortalecimiento de la cultura organizacional. No obstante, también se identificaron dificultades asociadas con el tamaño de las empresas y con factores internos y externos, como la falta de liderazgo directivo y el desconocimiento del verdadero impacto del enfoque Lean.

Para concluir, la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing mejora de forma comprobada la calidad de los productos y reduce los costos operativos al minimizar desperdicios, lo cual repercute positivamente en la productividad general. En consecuencia, su uso se consolida como una estrategia efectiva para impulsar la competitividad y sostenibilidad en el sector industrial.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos agradecer a la Universidad Tecnológica del Perú quienes fomentan la investigación científica. Por otro lado, nuestra mayor gratitud a la Dra. Leidy Lucia Méndez Gutiérrez quien nos ha apoyado en todo este proceso para poder tener un artículo que genere mayores aportes científicos. Asimismo, agradecemos a LACCEI por fomentar estos eventos tan importantes.

REFERENCIAS

- [1] O. El Affaki, M. Benhadou, y A. Haddout, "Hoja de ruta para lograr la excelencia operativa mediante la implementación de Lean Management y la conformidad con el sistema de gestión de calidad," *Acta Logistica*, vol. 11, no. 1, pp. 79–86, 2024. [doi: 10.22306/al.v11i1.452](https://doi.org/10.22306/al.v11i1.452)
- [2] W. A. Chitiva-Enciso, L. A. Pérez-Domínguez, R. Romero-López, D. Luviano-Cruz, I. J. C. Pérez-Olguín, y L. C. Méndez-González, "Evaluación de Lean Manufacturing: análisis dimensional con conjuntos de términos lingüísticos confusos y vacilantes," *Ciencias Aplicadas*, vol. 14, no. 4, p. 1475, 2024. [doi: 10.3390/app14041475](https://doi.org/10.3390/app14041475)
- [3] M. Al Manei, R. Kaur, J. Patsavellas y K. Salonitis, "Facilitar la implementación lean mediante la gestión del cambio," *Procedia CIRP*, vol. 128, pp. 280-285, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.03.012>
- [4] Z. Sahmi y L. El Abbadi, "La evolución del Kaizen en la industria: revisión sistemática de la literatura," *Revista Internacional de Gestión e Ingeniería de Producción*, vol. 12, no. 2, 2024. <https://doi.org/10.4995/rijpme.2024.21143>
- [5] C. Koteswarapavan y L. N. Pattanaik, "Un nuevo marco de trabajo de entrada-proceso-salida (TIPO) para la actualización a lean 4.0," *Revista Internacional de Gestión e Ingeniería de Producción*, vol. 12, no. 2, pp. 65-77, 2024. <https://doi.org/10.4995/rijpme.2024.19723>
- [6] F. D. Sinkamba, J. M. Matindana y M. I. Mgwatu, "De lo micro a lo macro: Un estudio exhaustivo de las herramientas de manufactura esbelta en las industrias de Tanzania," *Engineering Reports*, vol. 7, p. e70020, 2025. <https://doi.org/10.1002/eng.2.70020>
- [7] A. A. Nor Aziana, R. Che Mamat, D. Ibrahim y F. Abu, "Lean Manufacturing y la Industria 4.0: Revelando tendencias, aplicaciones e impactos globales en la manufactura a través de una revisión exhaustiva de la literatura," *Jurnal Kejuruteraan (Journal of Engineering)*, vol. 37, no. 1, pp. 151–165, 2025. [https://doi.org/10.17576/jkum-2025-37\(1\)-10](https://doi.org/10.17576/jkum-2025-37(1)-10)
- [8] J. A. Rana y S. Y. Jani, "Un marco estructural para lograr la excelencia operativa mediante la adopción de tecnologías sostenibles Lean Six Sigma e Industria 4.0," *Revista Internacional de Ciencias Matemáticas, de Ingeniería y de Gestión*, vol. 10, no. 4, pp. 1080–1099, 2025. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2025.10.4.052>
- [9] S. Salman, T. Ahmed, H. M. M. Taqi, G. F. Frederico, A. S. Dip y S. M. Ali, "Un enfoque integrado para explorar las barreras a la manufactura esbelta en el contexto de la pandemia de COVID-19: implicaciones para la sostenibilidad," *Revista Internacional de Ingeniería Industrial y Gestión de Operaciones*, vol. 6, no. 2, pp. 165-184, 2024. <https://doi.org/10.1108/IJIEOM-02-2023-0027>
- [10] A. S. de Oliveira, B. C. Viana, J. C. A. Roberto y S. P. Souto, "Aplicación de la metodología lean manufacturing a la gestión del mantenimiento industrial," *Revista de Gestión y Secretaría*, vol. 14, no. 6, pp. 8997–9018, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i6.2277>
- [11] N. D. Minh y N. T. H. Quyen, "Mejora de la calidad de los recursos humanos desde la perspectiva de las prácticas Kaizen," *Management*, vol. 26, no. 1, pp. 144–163, 2022. <https://doi.org/10.2478/manment-2019-0088>
- [12] R. Sekhar, N. Solke y P. Shah, "Sensores blandos de fabricación ajustada para industrias automotrices," *Applied System Innovation*, vol. 6, no. 1, p. 22, 2023. <https://doi.org/10.3390/asi6010022>
- [13] A. Moraes, A. M. Carvalho, y P. Sampaio, "Lean e Industria 4.0: Una revisión de la relación, sus limitaciones y el camino a seguir con la Industria 5.0," *Machines*, vol. 11, no. 4, art. no. 443, 2023. <https://doi.org/10.3390/machines11040443>
- [14] D. Medyński, P. Bonarski, P. Motyka, A. Wysoczański, R. Gnitecka, K. Kolbusz, M. Dąbrowska, A. Burduk, Z. Pawelec y J. Machado, "Estandarización digital de herramientas de manufactura esbelta según el concepto de Industria 4.0," *Ciencias Aplicadas*, vol. 13, no. 10, art. no. 6259, 2023. <https://doi.org/10.3390/app13106259>
- [15] N. M. Aripin, G. Nawanir, F. Mahmud, M. A. Fauzi, S. Hussain y K. L. Lee, "Revisión sistemática de la literatura: Perspectiva teórica en el desempeño de la manufactura esbelta," *Management Systems in Production Engineering*, vol. 31, no. 2, pp. 230–241, 2023. <https://doi.org/10.2478/mspe-2023-0025>
- [16] I. H. Mohamud, "Análisis bibliométrico de las publicaciones de investigación educativa sobre manufactura esbelta: Identificación de temas y tendencias clave," *Management Systems in Production Engineering*, vol. 31, no. 4, pp. 418–426, 2023. <https://doi.org/10.2478/mspe-2023-0047>
- [17] P. Szabó, S. Janík, M. Míkva y G. Czifra, "Eliminación de desperdicios en el proceso de ensamblaje mediante herramientas Lean," *Acta Polytechnica Hungarica*, vol. 21, no. 4, pp. 165–180, 2024. <https://doi.org/10.12700/APH.21.04.2024.144>
- [18] M. Bučko, L. Krejčí, I. Hlavatý y J. Lorenčík, "Diseño y optimización del diseño de la línea de producción mediante flujos de material," *Machines*, vol. 12, no. 3, p. 189, 2024. <https://doi.org/10.3390/machines12030189>

- [19] J. R. Díaz-Reza, J. L. García-Alcaraz, C. Sánchez-Ramírez y A. Realvíasquez Vargas, "Evaluación del impacto de la manufactura esbelta en la sostenibilidad social mediante modelado de ecuaciones estructurales y dinámica de sistemas," *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, vol. 18, no. 1, pp. 113–130, 2024. <https://doi.org/10.59038/jjmie/180109>
- [20] H. Makyšová, F. Galgoci, Z. Gyurák-Babelová y A. Stareček, "Mejora del rendimiento del proceso de producción mediante la eficiencia del flujo de materiales y almacenamiento en la producción en serie," *Acta Logistica*, vol. 11, pp. 57–65, 2024. <https://doi.org/10.22306/al.v11i1.449>
- [21] T. Maľysa, "Aplicación de herramientas seleccionadas de Lean para la mejora de la seguridad en el uso de maquinaria," *Production Engineering Archives*, vol. 31, no. 1, pp. 129–136, 2025. doi: <https://doi.org/10.30657/pea.2025.31.12>
- [22] M. J. Ávila-Gutiérrez, A. Córdoba-Roldán, P. Morato-Huerta y J. R. Lama-Ruiz, "Un modelo de auditoría Lean para la integración digital de pequeñas y medianas empresas manufactureras," *Systems*, vol. 13, no. 4, Art. 304, 2025. <https://doi.org/10.3390/systems13040304>
- [23] S. Songkhwan, C. Meathawiroon, A. Thunyachairat, "La influencia de la manufactura esbelta y la gestión verde de la cadena de suministro en el rendimiento de la empresa: el papel mediador de la resiliencia de la cadena de suministro," *Production Engineering Archives*, vol. 31, no. 1, pp. 41–53, 2025. doi: <https://doi.org/10.30657/pea.2025.31.4>
- [24] S. Brad, E. Deeb, "La integración de los principios Lean en sistemas de robótica esbelta para optimizar procesos de producción," *Systems*, vol. 13, no. 2, art. 106, 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/systems13020106>
- [25] S. Akter Urmee, M. Hossain, "Un análisis cuantificado de primero aplicar Lean y luego automatizar para un efecto sinérgico," *Engineering Reports*, vol. 7, no. 1, 2025. doi: <https://doi.org/10.1002/eng2.13047>
- [26] N. A. M. Salleh, S. R. Syed Aris, A. Ismail, M. I. S. M. Shahrul Anuar y A. N. A. Abdul Manan, "Enfoque de gamificación para el aprendizaje interactivo de actividades de Lean Manufacturing," *Jurnal Kejuruteraan*, vol. 36, no. 3, pp. 1227–1237, 2024. [https://doi.org/10.17576/jkukm-2024-36\(3\)-32](https://doi.org/10.17576/jkukm-2024-36(3)-32)
- [27] P. D. Paraschos, G. K. Koulinas, D. E. Koulouriotis, "Un mecanismo de aprendizaje por refuerzo/planificación y programación ad hoc para sistemas de fabricación flexibles y sostenibles," *Flexible Services and Manufacturing Journal*, vol. 36, pp. 714–736, 2024. <https://doi.org/10.1007/s10696-023-09496-9>
- [28] H. Al-Edwan M. Al-Edwan, "Implementación de Lean Six Sigma en estrategias operativas de empresas industriales en Jordania," *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, vol. 12, no. 2, pp. 473–490, 2024. <https://doi.org/10.21533/pen.v12.i2.50>
- [29] P. R. S. Carrijo, M. O. Batalha, "Manufactura esbelta en la agricultura: beneficios, obstáculos y oportunidades," *Gestão & Produção*, vol. 31, p. e1924, 2024. <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2024v31e1924>
- [30] S.-V. Buer, M. Semini, J. O. Strandhagen, y F. Sgarbossa, "El efecto complementario de la manufactura esbelta y la digitalización en el desempeño operativo," *International Journal of Production Research*, vol. 59, no. 7, pp. 1976–1992, 2021. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1790684>
- [31] M. Dieste, R. Panizzolo, y J. A. Garza-Reyes, "Una revisión sistemática de la literatura sobre la influencia de la manufactura esbelta en el rendimiento financiero de las empresas," *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 32, no. 9, pp. 101–121, 2021. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2020-0304>
- [32] S. Tampubolon y H. H. Purba, "Implementación de Lean Six Sigma: una revisión sistemática de la literatura," *International Journal of Production Management and Engineering*, vol. 9, no. 2, pp. 125–139, 2021. <https://doi.org/10.4995/IJPM.2021.14561>
- [33] T. Benslimane, R. Benabbou, S. Mouatassim, y J. Benhra, "Comprensión de la relación, tendencias y desafíos de integración entre la manufactura esbelta y la industria 4.0: una revisión de la literatura," *International Journal of Production Management and Engineering*, vol. 12, no. 2, pp. 195–209, 2024. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2024.21473>
- [34] M. V. Jobin y A. Menon, "Modelo inteligente de predicción: red neuronal optimizada para tecnología de manufactura esbelta," *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, vol. 11, no. 2, pp. 1–15, 2023. <https://doi.org/10.36909/jer.12747>
- [35] J. E. Luzuriaga-Velásquez, C. E. Luzuriaga-Eyzaguirre, W. C. Algoner, y C. E. Luque Sanca, "Manufactura esbelta y su impacto en la productividad: revisión sistemática de la literatura entre 2013 y 2023 en empresas industriales del sector textil," *Proceedings of the 3rd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2023)*, Art. 1.1.554, 2023. <https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.554>
- [36] S. Prasad, A. Neelakanteswara Rao, y K. Lanka, "Analizando las barreras para la implementación de la manufactura sostenible liderada por Lean y el potencial de la tecnología blockchain para superarlas: un marco conceptual," *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, vol. 7, no. 6, pp. 791–819, 2022. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2022.7.6.051>
- [37] M. Howlett, E. Niarchou, y B. D. Naughton, "La respuesta del sector farmacéutico irlandés a la pandemia de COVID-19 con especial atención a Lean y JIT," *The Journal of Medicine Access*, vol. 8, 2024. <https://doi.org/10.1177/27550834241250279>
- [38] B. Zhang, U. Comite, A. G. Yucel, X. Liu, M. A. Khan, S. Husain, M. S. Sial, J. Popp, y J. Oláh, "Revelando la importancia de la gestión de la calidad total y la gestión del conocimiento para la sostenibilidad organizacional en la era de la economía circular," *Sustainability*, vol. 13, no. 20, p. 11514, 2021. <https://doi.org/10.3390/su132011514>
- [39] N. Verma, V. Sharma y M. A. Badar, "Enfoque basado en entropía, Lean y Six Sigma para lograr la sostenibilidad en el sistema de manufactura," *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 46, no. 8, pp. 8105–8117, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13369-021-05826-x>
- [40] V. Tripathi, S. Chattopadhyaya, A. K. Mukhopadhyay, S. Sharma, C. Li, y G. Di Bona, "Una metodología sostenible usando manufactura lean e inteligente para la producción más limpia en la gestión del taller-piso en la Industria 4.0," *Mathematics*, vol. 10, no. 3, p. 347, 2022. <https://doi.org/10.3390/math10030347>